

5AF-P13: เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบ 2 พลังงานที่เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชน

Dual powered mushroom compost steamer suitable for community enterprise.

อำนวยการยศ ทองคำ^{1*} และ สาริณ ยิมธิน¹
Amnuaypos Thongkam^{1*} and Saroj Yimthin¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยศึกษาสมรรถนะจากความสามารถในการผลิตไอน้ำและประสิทธิภาพเชิงความร้อน โดยเติมน้ำแบบอัตโนมัติใส่ถังต้ม 88.4 ลิตร เพื่อผลิตไอน้ำเป็น 2 เท่า มีถังต้มน้ำอยู่ด้านบน มีท่อขนาด 2 นิ้ว ขดไป-มาอยู่ใต้ถังต่อท่อรับน้ำจากถังพร้อมวาล์วควบคุมเพื่อผลิตไอน้ำอีกส่วนหนึ่ง ติดตั้งชุดวัดอุณหภูมิที่ถังต้มน้ำ ท่อส่งไอน้ำท่อนล่าง และด้านหน้าของตู้หนึ่ง ได้ถังต้มน้ำใช้ความร้อนจากเตาแก๊ส LPG หรือใช้ความร้อนจากฟืน ส่วนตู้หนึ่งเป็นผนัง 3 ชั้นบุฉนวนกันความร้อนด้วยใยแก้ว ภายในตู้ใส่ก้อนเชื้อเห็ด 1,000 ก้อน ด้านหน้ามีประตูเปิด-ปิดติดตั้งพัดลม ด้านในเพื่อพัดไอน้ำให้หมุนเวียน นำก้อนเชื้อเห็ดวางใส่ตะกร้าซ้อนเป็นชั้นๆ และปิดตู้ให้สนิท เลือกแหล่งพลังงานความร้อน จุดไฟให้ความร้อนและตรวจสอบอุณหภูมิทั้ง 4 จุดทุกๆ 5 นาที จนกระทั่งได้อุณหภูมิภายในตู้หนึ่งไม่ต่ำกว่า 90 °C นึ่งฆ่าเชื้อต่อเนื่องกัน 4 ชั่วโมง จึงหยุดเติมน้ำเชื้อเพลิง

จากการทดลองพบว่า 1) เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดสามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 45.8 kg/h 2) เมื่อใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 51.65 % ใช้เวลา 40 นาที จึงทำให้อุณหภูมิภายในตู้หนึ่งได้ความร้อน 90 °C นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง จึงใช้ได้สังเกตจากมีไอน้ำเกาะทั่วภายในตู้ก้อนเชื้อเห็ด สิ้นเปลืองแก๊ส 1.9 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 139.28 บาท 3) เมื่อใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 30.25 % ใช้เวลา 1.10 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในตู้หนึ่งได้ความร้อน 90 °C นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง จึงใช้ได้สังเกตจากมีไอน้ำเกาะทั่วภายในตู้ก้อนเชื้อเห็ด สิ้นเปลืองฟืน 20.2 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 202 บาท

คำสำคัญ: ก้อนเชื้อเห็ด

Abstract

Objective of this research is to develop and test performance of mushroom compost steamer, by filling 88.4 litres of water into automatic boiling bucket to produce 2 times quantity of steam; on top of the boiler there will be 2 inches pipe curls under the tank, connect to tank outlet with control valve. There's also installation of temperature sensor in boiler, top and bottom steam pipe, and in front of steamer. Boiler powered by heat from Liquefied petroleum gas (LPG) or firewood. Boiler have three layers of isolation using fiber glass. Steamer can input 1,000 pieces of mushroom compost. Door is placed at the front of the machine with fan to circulate steam. Compost are stacked in multiple layers on the basket, close the lid and choose the source of heat, fire the heat and periodically check the temperature at four points every five minutes until the temperature inside the steamer no less than 90 degree centigrade and steam for four hours then stop to refill heat source.

From the testing found that 1) mushroom compost steamer can produce average steam of 45.8 kg/h 2) when using LPG as fuel source heat coefficient is 51.65 % using 40 minutes to reach inside temperature of 90 degree centigrade for 4 hours, steam in mushroom compost bag can be observe. Using 1.9 kilograms of LPG costing 139.28 Baht 3) Firewood have heat coefficient of 30.25 % using 1.10 hour to reach inside temperature of 90 degree centigrade for 4 hours, steam in mushroom compost bag can be observe. Using 20.2 kilograms of Firewood costing 202 Baht.

Keywords: mushroom compost

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

¹ Department of Farm Machinery Technology, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

* Corresponding author. E-mail: Amnuay_thk@hotmail.com

บทนำ

เห็ดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญ มีหลายชนิดส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ เห็ดนิยมใช้ปรุงแต่งอาหารหรือทำเป็นเครื่องเคียง เห็ดมีรสชาติหวานและนุ่มนวลรับประทาน เห็ดให้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยปริมาณไขมันต่ำ เป็นทั้งอาหารและยาในเวลาเดียวกัน ความต้องการบริโภคส่วนใหญ่เป็นเห็ดที่เก็บได้จากธรรมชาติ เป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ทำให้กลุ่มผู้เพาะเห็ดเพื่อจำหน่ายต้องเพิ่มปริมาณการเพาะเห็ดมากขึ้น จึงเป็นแนวทางและช่องทางทำให้เกิดการรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อผลิตก้อนเชื้อเห็ดจำหน่ายเป็นอุตสาหกรรมในชุมชนหรือครัวเรือน รวมทั้งการก่อตั้งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนขึ้น เช่น กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหลวงพอเพียง หมู่ที่ 1 ต.บ้านหลวง อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา เพื่อดำเนินกิจกรรม ในเรื่องของเห็ดเพื่อเป็นการหารายได้เข้ากลุ่มนอกเหนือจากการทำนาซึ่งเป็นอาชีพหลักของเกษตรกร ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดเพื่อนำไปจำหน่าย ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงเห็ดได้ขยายตัวสู่ธุรกิจขนาดกลางทำให้มีความต้องการก้อนเชื้อเห็ดเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกิดปัญหาไม่สามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้นได้ อีกทั้งยังพบปัญหาด้านแรงงานไม่สามารถเพิ่มกำลังผลิตได้ตามความต้องการ

โสภา แคนสี, มปป. ได้วิจัยเรื่อง สมรรถนะตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดผนังเหล็กความจุ 2000 ก้อน ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยศึกษาสมรรถนะจาก 1) ความสามารถในการผลิตไอน้ำและประสิทธิภาพเชิงความร้อน 2) การกระจายอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง 3) การการสูญเสียความร้อนด้วยการนำความร้อน ผลการศึกษาพบว่า 1) ตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดนี้ สามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 31.7 kg/h สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง LPG 20 กิโลกรัม และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 51.11 เปอร์เซ็นต์ 2) การกระจายอุณหภูมิภายในตู้นึ่งที่ตำแหน่งล่างและบน มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่า 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที 3) การสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อนของผนังเหล็กจำนวน 5 ด้าน เฉลี่ย 673.8 กิโลวัตต์

วาริช วีระพันธ์ และคณะ.มปป. ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ โดยระบบประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) เตาให้ความร้อน ส่วนที่ 2) ตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด และส่วนที่ 3) ชุดวนไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ จากผลการทดสอบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดพบว่าจากการทดลองนึ่งก้อนเชื้อเห็ด 100 ก้อน โดยใช้ปริมาณน้ำ 329 ลิตร พบว่าอุณหภูมิสามารถเพิ่มจากอุณหภูมิแวดล้อมจนน้ำเดือดในเวลา 1 ชั่วโมง ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ย 23.06 เปอร์เซ็นต์ต่ออัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 24.18 ลิตรต่อชั่วโมง ที่การใช้ไม้ฟืนเฉลี่ย 50 กิโลกรัม สามารถกลั่นน้ำจากไอน้ำที่เฉลี่ยได้ 1.78 ลิตร เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการนึ่งจะได้ถ่านไม้เฉลี่ย จำนวน 3 กิโลกรัม

จากงานวิจัยทั้ง 2 เรื่องนั้นได้นำข้อมูลนำไปเสนอในที่ประชุมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อเป็นตัวอย่างซึ่งต้องการเครื่องที่ใช้ได้ทั้งแบบแก๊ส LPG และแบบใช้ฟืนเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน แต่ทั้ง 2 งานวิจัยนั้นไม่สามารถทำได้ และความสามารถของเครื่องคือผลิตได้ครั้งละ 1,000 ก้อน เพื่อให้เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะช่วยลดปัญหาด้านการผลิตก้อนเชื้อเห็ดเพื่อให้มีกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นจากเครื่องต้นแบบ โดยการพัฒนาเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดให้มีประสิทธิภาพที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มเกษตรกรเพื่อส่งเสริมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหลวงพอเพียง ให้สามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดและนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อพร้อมส่งตามความต้องการของเกษตรกรเพาะ ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทำงาน ลดต้นทุนการนึ่งและได้ปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นซึ่งได้มีการจัดอบรมและมอบเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนำไปใช้งานแล้วเป็นการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรมีรายได้จากการผลิตก้อนเชื้อเห็ดจำหน่ายเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดให้มีประสิทธิภาพที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหลวงพอเพียง หมู่ที่ 1 ต.บ้านหลวง อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา

2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่เหมาะสมในการต้มน้ำให้เป็นไอน้ำที่ใช้ในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

3) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างการทำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้แบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กับการใช้เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบ 2 พลังงาน

วิธีการศึกษา

ศึกษาออกแบบ และพัฒนาสร้างเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทฤษฎีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดระหว่างเครื่องต้นแบบกับเครื่องที่สร้างขึ้นใหม่ ซึ่งมีวิธีการศึกษา แบ่งออกเป็น 4 หมวดดังนี้ คือ

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งแนวทางในการออกแบบนั้นเป็นการนำปัญหาของชุมชนมาวิเคราะห์และช่วยแก้ปัญหาให้กับชุมชน ดังนั้นการออกแบบเครื่อง รูปแบบของเครื่องคณะกรรมการของชุมชนจึงมาระดมความคิด พิจารณาและออกแบบร่วมกันกับทีมนักวิจัย ไม่ได้เป็นแนวคิดเชิงวิชาการของนักวิจัยแต่เพียงอย่างเดียวและวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องต้นแบบเป็นพื้นฐานโดยมีเป้าหมายคือการพัฒนาเครื่องเพื่อให้ชุมชนได้เครื่องที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา โดยการออกแบบชุดตู้หนึ่งนั้นกำหนดไว้ที่ 1,000 ก้อน/ครั้ง และนำมาคำนวณหาขนาดกว้าง ความยาว และความสูง รวมทั้งระบบต่างๆ ภายในตู้ที่จะช่วยให้ความร้อนหมุนเวียนได้อย่างทั่วถึง ทั้งนี้สิ่งที่สำคัญคือ ชุดถังต้มน้ำเพื่อผลิตไอน้ำเป็นการคำนวณย้อนกลับ ซึ่งขนาดของถังต้มน้ำนั้นจะต้องได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนไม่ต่ำกว่า 30 % จากข้อมูลดังกล่าวจึงออกแบบที่เป็นการประยุกต์ใช้ 2 พลังงาน มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

1) ชุดถังต้มน้ำเพื่อผลิตไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง สามารถเลือกใช้แหล่งพลังงานความร้อนได้ 2 ชนิด คือ พลังงานความร้อนจากแก๊ส LPG โดยใช้เตาแก๊สแรงดันสูงจำนวน 3 เตา หรือใช้พลังงานความร้อนจากฟืนที่หาได้จากชุมชน หากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต้องการลดค่าใช้จ่ายซึ่งถังต้มน้ำนั้นมีระบบการนำน้ำร้อนในถังต้มมาผ่านความร้อนอีกท่อหนึ่งนอกเหนือจากท่อปกติ เพื่อเพิ่มไอน้ำที่ใช้ในการอบฆ่าเชื้อเป็น 2 เท่า และมีระบบกลไกการเติมน้ำในถังแบบอัตโนมัติ และมีชุดวัดอุณหภูมิความร้อนภายในถังต้ม ท่อส่งน้ำร้อนท่อบน ท่อส่งน้ำร้อนท่อล่างก่อนเข้าตู้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งการทำงานของเครื่องสามารถใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว มีความปลอดภัย โครงสร้างสำหรับการออกแบบมีความแข็งแรง และเหมาะสมกับการใช้งาน

2) ชุดตู้หนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นแบบผนัง 3 ชั้น ความจุก้อนเชื้อเห็ด 1,000 ก้อน โดยชั้นนอกทำด้วยแผ่นเหล็กอาบสังกะสี ชั้นกลางใส่ใยแก้วป้องกันความร้อนรั่วไหล และชั้นในทำด้วยแผ่นเหล็กอาบสังกะสี ด้านข้างต่อเข้ากับท่อส่งไอน้ำและความร้อนจากตู้หนึ่ง 2 ท่อ มุมตู้หนึ่งด้านล่างติดตั้งวาล์วเพื่อปล่อยน้ำทิ้ง ด้านบนตู้หนึ่งติดตั้งวาล์วสำหรับไล่อากาศออก ด้านหน้าตู้ติดตั้งชุดวัดอุณหภูมิความร้อนภายในตู้ พร้อมติดตั้งพัดลมที่ผนังประตูตู้ด้านในพัดให้ไอน้ำและความร้อนให้เกิดการหมุนเวียนภายในตู้เพื่อให้ไอน้ำและความร้อนกระจายทั่วภายในตู้หนึ่ง



Figure 1 Dual powered mushroom compost steamer



Figure 2 Use LPG or Firewood.



Figure 3 Steaming cabinet.

Figure.5 Flow chart แสดงขั้นตอนการทำงานเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตจนกระทั่งจบการผลิตได้ก้อนเชื้อเห็ดตามความต้องการ

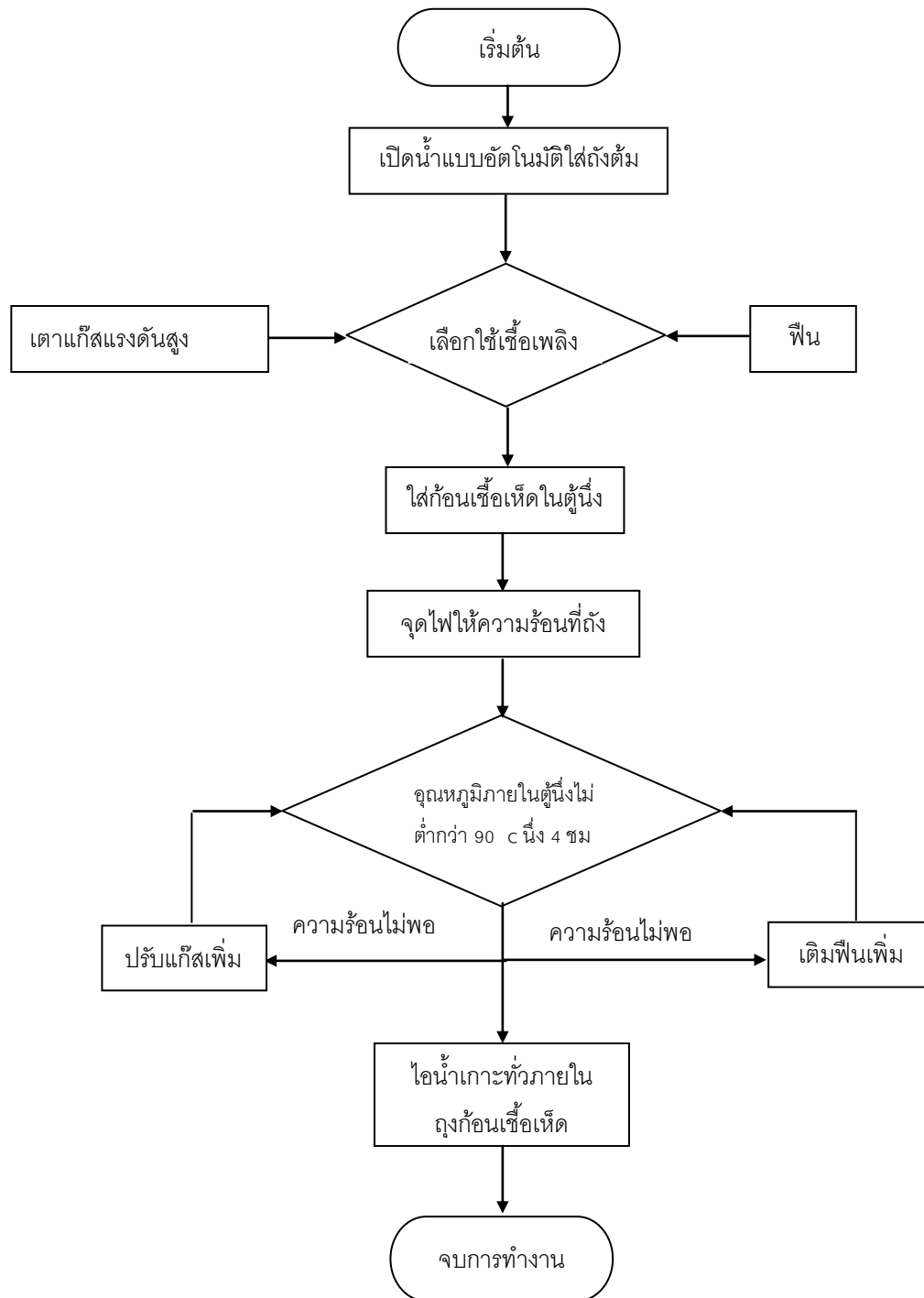


Figure.5 mushroom compost production

2. การศึกษาสมรรถนะของเครื่องฯ ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงาน ความชื้น และประสิทธิภาพเชิงความร้อน ดังสมการต่อไปนี้

การหาค่าความชื้นของก้อนเชื้อเห็ดที่นำมาอบในตู้อบในห้องทดลอง และนำมาคำนวณจากสูตร

$$Mc (\%w.d.) = \frac{(W_{wm} - W_{dm})}{W_{wm}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ $Mc (\%w.b.)$ = ความชื้น (%มาตรฐานเปียก)

W_{wm} = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_{dm} = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา หาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ความร้อนที่ใช้ประโยชน์}}{\text{ความร้อนที่ป้อนให้จากเชื้อเพลิง}} \times 100 \quad (2)$$

ความร้อนที่ใช้ประโยชน์หาได้จากสมการ

$$Q_u = mc_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L \quad (3)$$

เมื่อ : m = น้ำหนักของน้ำก่อนต้ม (กรัม)

c_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4,186 จูล์/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

T_1 = อุณหภูมิที่น้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม (องศาเซลเซียส)

m_1 = น้ำหนักของน้ำที่เหลือ (กรัม)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ (540 แคลอรี/กรัม)

ความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิงหาได้จาก สมการ

$$Q_w = m_t H_t \quad (4)$$

เมื่อ: m_t = น้ำหนักฟืน (กรัม)

H_t = ค่าความร้อนที่ได้จากฟืน (7689.6 แคลอรีต่อกรัม-เซลเซียส)

จะหาประสิทธิภาพได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{mc_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L}{m_t H_t} \times 100 \quad (5)$$

3. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดนั้น ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหลวงพอเพียง ต.บ้านหลวง อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา สำหรับการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องเดิมที่ชุมชนใช้ในปัจจุบันกับเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดนี้

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการทดลองเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในครั้งนี้ โดยใช้ความร้อนจากแก๊ส LPG และจากฟืน โดยเติมน้ำในชุดต้ม น้ำ 88.4 ลิตร โดยตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดสามารถจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 1,000 ก้อน และต้มน้ำทำให้อุณหภูมิภายในตู้หนึ่ง ไม่ต่ำกว่า 90 °C นึ่งใช้เวลา 4 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อราต่างๆ พบว่าเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดมีประสิทธิภาพสามารถ นึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ อย่างเหมาะสมกับเกษตรกรเป็นอย่างดีโดยผลการทดลองมีดังนี้

1. การทดลองเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง สรุปการทดลองได้ดังนี้

Table 1 Testing result for mushroom sterilizer using LPG

Time (min)	Temperature gauge 1 (°C)	Temperature gauge 2 (°C)	Temperature gauge 3 (°C)	Temperature gauge 4 (°C)	Gas weight (kg)
1	34	32	32	32.5	30.0
5	36	32.5	96	36	29.8
10	96	92	96	48	29.6
15	98	95	97	59	29.4
20	99	96	100	65	29.3
25	99	81	101	63	29.1
30	99	95	130	70	28.9
35	100	96	97	76	28.8
40	101	97	97	79	28.6
45	101	97	98	91	28.5
50	101	97	97	93	28.4
55	101	98	97	94	28.2
60	101	97	98	93	28.1
Avg	89.62	85.0	95.0	69.1	28.1
SD	24.32	23.83	21.01	21.26	1.1

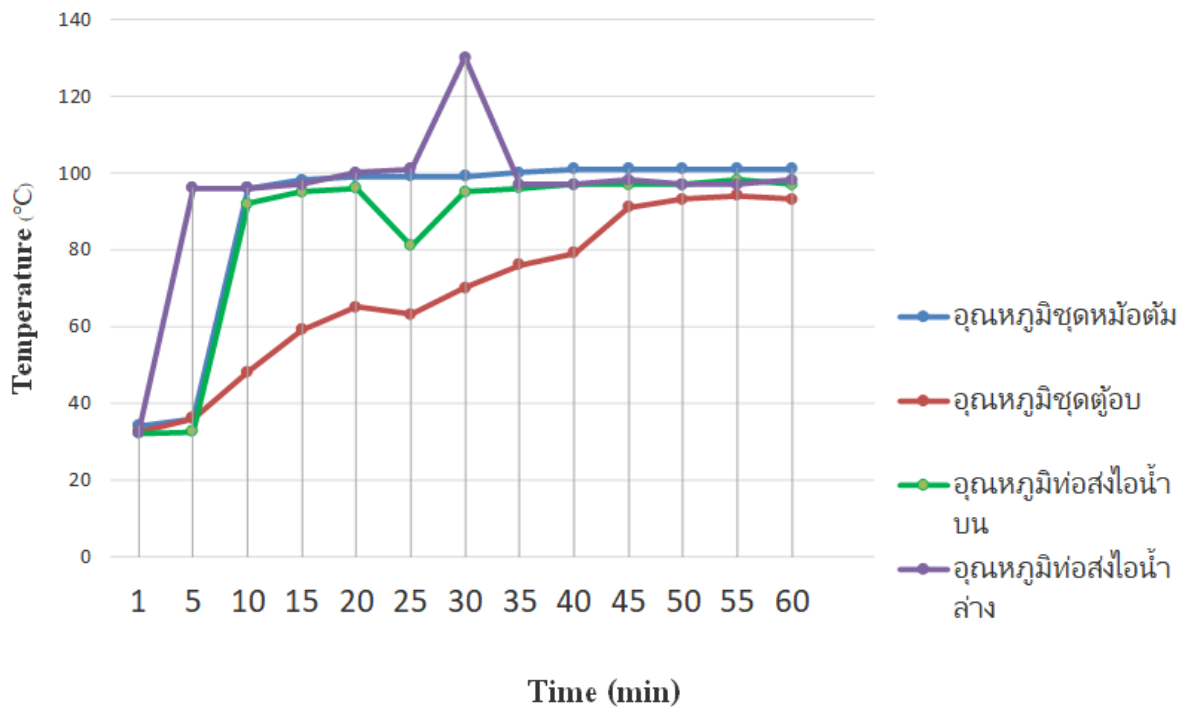


Figure 6 Graph showing the result of the experiment using LPG

จากการทดลองการทำงานของเครื่องนี้ก่อนเชื้อเพลิงครั้งนี้ที่มีแก๊สอุณหภูมิ 4 ตัว เพื่อเพิ่มความละเอียดในการวัดอุณหภูมิยิ่งขึ้น พบว่า

1. เมื่อใช้แก๊สชุดต้มเป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิของชุดต้มน้ำ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 96 °C และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสูงถึง 101 °C
2. อุณหภูมิท่อส่งไอน้ำและความร้อนที่อบบนนาที่ที่ 10 มีอุณหภูมิ 92 °C แตกต่างจากชุดต้มน้ำ 4 °C
3. อุณหภูมิท่อส่งไอน้ำและความร้อนที่อบล่างนาที่ที่ 10 มีอุณหภูมิ 96 °C เนื่องจากท่อที่ 3 เป็นท่อเพิ่มพิเศษที่อยู่ใกล้กับความร้อนมากที่สุด แต่นาที่ที่ 30 มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากผิดปกติคือ 130 °C เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าท่อด้านล่างซึ่งอยู่ใต้ชุดต้มน้ำแห้ง เมื่อเปิดประตูน้ำให้น้ำไหลเข้าไปในท่ออุณหภูมิจึงลดลง
4. อุณหภูมิชุดตุ๋นนี้ก่อนเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิแตกต่างจากชุดต้มน้ำ เนื่องจากภายในชุดนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่อุณหภูมิจึงแตกต่างกัน นาที่ที่ 45 จึงได้อุณหภูมิที่กำหนดคือ 91 °C

2. การทดลองเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง สรุปการทดลองได้ดังนี้

Table 2 Testing result for mushroom sterilizer using firewood

Time (min)	Temperature gauge 1 (°C)	Temperature gauge 2 (°C)	Temperature gauge 3 (°C)	Temperature gauge 4 (°C)	Weight of firewood (kg)
1	32	30	29	32	6.3
5	32	30	29	32	-
10	64	30	89	33	-
15	68	30	96	41	2.8
20	90	86	96	50	-
25	95	92	96	50	-
30	95	93	96	51	1.2
35	95	88	96	54	-
40	96	94	96	58	2.5
45	96	94	96	61	-
50	97	95	96	64	2.9
55	98	72	88	61	-
60	92	93	130	70	4.5
Avg	80.7	71.3	87	50.5	20.2
SD	24.23	29.27	27.73	12.70	20.2

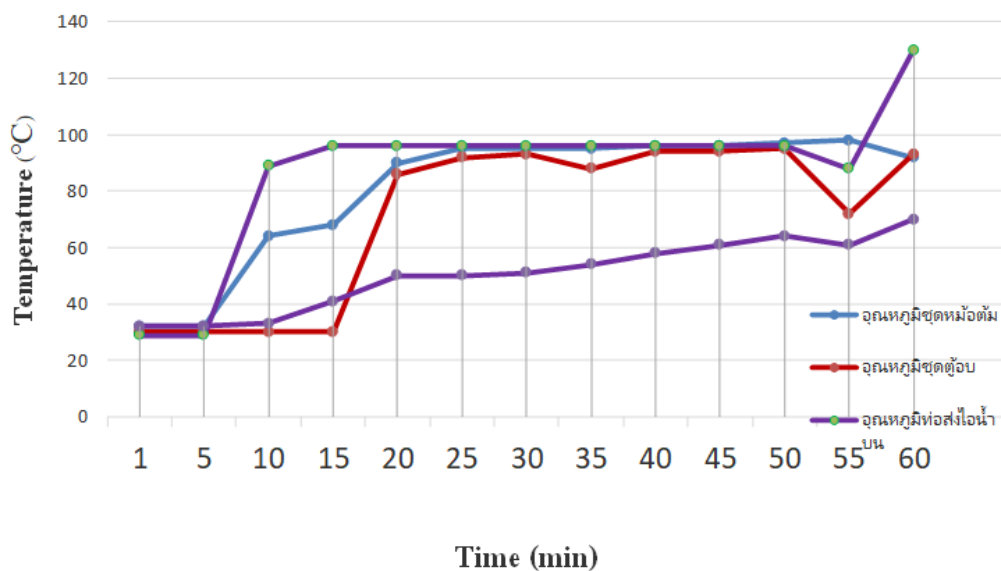


Figure 7 Graph showing the result of the experiment using firewood

จากการทดลองโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิของชุดต้มน้ำเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ต่อเนื่องจนกระทั่งถึง 92 °C
2. อุณหภูมิท่อส่งไอน้ำและความร้อนที่อบน มีอุณหภูมิแตกต่างจากชุดต้มน้ำ ในเวลา 1 ชั่วโมง มีอุณหภูมิภายในท่อส่ง 92 °C
3. อุณหภูมิท่อส่งไอน้ำและความร้อนที่อบล่าง มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิชุดต้มน้ำ เนื่องจากเป็นท่อพิเศษที่อยู่ใกล้กับความร้อนมากที่สุด และความร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แตกต่างจากการใช้แก๊ส แต่นาทีที่ 60 มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากผิดปกติคือ 130 °C เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าท่อล่างน้ำแห้ง เมื่อเปิดประตูน้ำให้น้ำไหลเข้าไปในท่อ อุณหภูมิจึงลดลง
4. อุณหภูมิชุดต้มน้ำก่อนเชื้อเห็ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่อุณหภูมิจึงแตกต่างกันมาก นาทีที่ 60 ความร้อนสูง 70 °C มีปริมาณน้ำเดือดดันจากท่อล่างจำนวน 11 ลิตร ปริมาณฟืนที่ใช้ 20.2 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 50.50 บาท

3. การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องต้นแบบกับเครื่องที่พัฒนาแล้วข้อมูลเชิงประจักษ์

เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบที่ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใช้ผลิตก้อนเชื้อเห็ดนั้นเป็นเครื่องที่ก่ออิฐเป็นผนังด้านข้างส่วนด้านบนของตู้นึ่งใช้หลังคาไฟเบอร์มาวางครอบและด้านข้างใช้แผ่นยางปิดเพื่อป้องกันความร้อนสูญเสีย แต่ทั้งความร้อนและไอน้ำรั่ว ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นช้ามาก เกิดความสูญเสียทั้งเวลา และค่าใช้จ่าย ต้องใช้เวลาในการนึ่งนาน



Figure 8 Prototype

Table 3 Comparison of productivity between prototype and mushroom compost steamer.

Type of machine	Production capacity (cube/time)	Steaming time (hour./time)	Heat source	Cost of heat source (Bath)	Cost Bath/cube	Selling price Bath/cube	Profit (Bath/time)
1. Prototype	800	6	Use only firewood	360	6	8	1,600
2. mushroom compost steamer	1,000	4	1.Use LPG	139.28	5.50	8	2,500
			2.use firewood	202	5.43	8	2,570
Difference	200	2	Use LPG	Firewood	1. LPG	-	1.LPG
				158 Bath	.50 Bath		900 Bath
					2.Fire wood		2.Firewood
					.57 Bath		970 Bath

จาก Table 3 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องต้นแบบและเครื่องที่พัฒนาขึ้นใหม่ พบว่า

1. กำลังการผลิตระหว่างเครื่องต้นแบบกับเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีกำลังการผลิตต่างกัน 200 ก้อน/ครั้ง
2. ระยะเวลาการนึ่งเชื้อเห็ด/ครั้งต่างกัน 2 ชั่วโมง
3. ต้นทุนค่าฟืนเครื่องต้นแบบเป็นเงิน 360 บาท ใช้เวลา 6 ชั่วโมง เครื่องที่พัฒนาขึ้นใหม่ลดค่าใช้จ่ายค่าฟืนได้ 120 บาท/ครั้ง และมีปริมาณการใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงที่น้อยกว่ากันอีกด้วย
4. เครื่องต้นแบบกับเครื่องที่พัฒนาขึ้นใหม่ มีความแตกต่างกันที่เชื้อเพลิงที่ใช้ คือสามารถใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) ที่มีความสะดวกต่อการใช้งาน ลดมลภาวะจากควัน ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม
5. ผลกำไรจากการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง มีความต่างกัน 900 – 970 บาท/ครั้ง
6. เมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ งานวิจัยนี้มีความโดดเด่นที่การวัดอุณหภูมิถึง 4 จุด มีท่อไอน้ำและความร้อนพิเศษที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งงานวิจัยอื่นๆ ไม่มี ทำให้การนึ่งก้อนเชื้อเห็ดใช้เวลาน้อยลง และลดค่าใช้จ่าย

สรุป

จากการทดสอบเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบ 2 พลังงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน การทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ด สรุปผลได้ดังนี้

- 1) เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่พัฒนาขึ้นใหม่ ชุดต้มน้ำได้กึ่งติดตั้งทอรับความร้อนพิเศษให้น้ำวนรับความร้อนอีกท่อหนึ่งเป็นการเพิ่มความร้อนเป็น 2 เท่า สามารถนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ครั้งละ 1,000 ก้อนต่อ 4 ชั่วโมง
- 2) เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเลือกใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งแบบใช้ฟืน และใช้แก๊สหุงต้ม (LPG)
- 3) เครื่องนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ใช้เวลาในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง 4 ชั่วโมง จึงได้ก้อนเชื้อเห็ดตามต้องการสังเกตจากถุงก้อนเชื้อเห็ดจะปรากฏไอน้ำทั่วทั้งถุงจึงถือว่าใช้ได้
- 4) อัตราการสิ้นเปลือง เมื่อใช้ฟืนเสียค่าฟืน 202 บาท/ครั้ง เมื่อใช้แก๊สเสียค่าแก๊ส 139.28 บาท/ครั้ง
- 5) ค่าความร้อนของแก๊ส LPG มีค่าเท่ากับ 49,740 kJ/kg ส่วนค่าความร้อนของฟืน มีค่าเท่ากับ 14,654 kJ/kg ดังนั้นค่าความร้อนของแก๊ส LPG มีค่ามากกว่า 35,086 kJ/kg ส่งผลให้การให้ความร้อนด้วยแก๊ส มีระยะเวลาที่รวดเร็วกว่าการให้ความร้อนด้วยฟืน ดัง Table 4 เปรียบเทียบเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

Table 4 Compare the cost of different type of fuel

fuel	ถ.พ. 60/66 F	API 60 C	Colorific value kJ / kg	Price	
				Bath / liter	Bath / GJ
LPG	0.5280	136.5	49,740	6.13	123.24
Kerosene	0.7883	48.0	43,143	8.33	193.04
Fuel oil A	0.9334	20.1	39,248	3.42	84.14
Fuel oil B	0.9433	18.5	39,248	3.18	81
Fuel oil C	0.9503	16.2	39,106	2.95	76.20
Fuel oil D	0.9570	16.2	39,106	2.92	74.67
Lignite			16,748	0.75 Bath/kg	45
Husk			12,561	0.30 Bath/kg	24
Firewood and sawdust			14,654	0.50 Bath/kg	34

6) เครื่องนี้ก๊อ้นเชื้อเห็ดสามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 45.8 kg/h เมื่อใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 51.65 % เมื่อใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 30.25 %

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ทุนบ่งเสริมงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551) โครงการพัฒนาการผลิตและการใช้เตาตั้งก๊อ้นเชื้อเห็ด. กรุงเทพฯ:

กระทรวงพลังงาน.

บัญชา ไต้ศรีโคตร, (2557) การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเตาตั้งก๊อ้นเชื้อเห็ด. สืบค้น 2 มิถุนายน 2563,

<http://nctechd.fte.kmutnb.ac.th/nc7/NCTechEd07/NCTechEd07TME01.pdf>

ปัญญา โพธิ์รัตน และกิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล. (2538) เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พรประสิทธิ์ คงบุญ และคณะ. (2554) การพัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน. วารสารวิศวกรรมสาร มช, 38(2), 111 –116.

วีระวัฒน์ ศรีชา (2557) การพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำโดยใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงสำหรับตั้งก๊อ้นเชื้อเห็ด สืบค้น 18 พฤษภาคม 2563,

<http://nctechd.fte.kmutnb.ac.th/nc9/NCTechEd09/NCTechEd09TME08.pdf>.

วาริช วีระพันธ์ (มปป.) การพัฒนาเตาตั้งก๊อ้นเชื้อเห็ดโดยการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ สืบค้น 18 พฤษภาคม 2563,

<https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=45Pat16>.

วสันต์ เพชรรัตน์. (2536) การผลิตเห็ด. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา.

สาธิต และอุบลรัตน์ วาริชวัฒน์, 2559. การทดสอบสมรรถนะหม้อไอน้ำร้อน. สืบค้น 28 พฤษภาคม 2563,

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/kbej/article/view>.

โสภา แคนสี (มปป.) สมรรถนะเตาตั้งก๊อ้นเชื้อเห็ดผนังเหล็กความจุ 2000 ก้อน ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง สืบค้น 1 มิถุนายน 2563.,

http://www.journal.msu.ac.th/upload/articles/article2321_87635.pdf.